

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-241642

(43)Date of publication of application : 08.09.2000

(51)Int.Cl. G02B 6/122  
 G02B 5/28  
 G02B 6/00  
 G02B 6/42  
 H04B 10/24  
 H04B 10/02

(21)Application number : 11-038672

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD  
 NHK SPRING CO LTD

(22)Date of filing : 17.02.1999

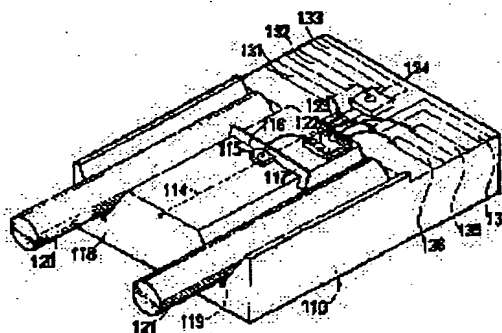
(72)Inventor : NAKANISHI HIROMI  
 KUHARA MIKI

## (54) LIGHT TRANSMIT/RECEIVE MODULE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce occupied ratio of excess case or package in a simple structure and attain downsizing and weight reduction by mounting all necessary elements (LD, PD, WDM, APM) to one platform.

SOLUTION: An Si platform 110 is slightly higher at its front part and slightly lower at its rear part. A light wave guide 114 is placed at a high step portion in a central line shape. The front end of the light guide 114 is exposed to the front end surface of a substrate 110. The rear end of the light guide 114 is exposed to a side surface of the step portion. A receiving PD chip 115 is fixed over a position on the way to the light guide 114. At just back of it, a tilting groove 116 is drilled. A filter 117 is inserted into this tilting groove 116. Light propagated from a station through an optical fiber travels through the light guide 114, is reflected on the filter 117, and goes into and received by a light receiving element 115. While, transmitted light generated by an LD 123 permeates through the filter 117, and goes out from the light guide 114 to the optical fiber.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 略平板状のプラットフォームと、プラットフォーム上に直線状に形成され受信光と送信光を通す光導波路と、光導波路の直上に設けられ受信光を感知する受光素子と、受光素子に近接し光導波路の途中に斜め上方に傾斜して設けられ受信光を斜め上方に反射させ受光素子に導入し送信光を透過させるフィルタと、プラットフォーム上であって光導波路の延長上に設けられ光導波路に送信光を送り出す発光素子(LD、LED)とよりなる事を特徴とする光送受信モジュール。

【請求項2】 プラットフォームの端部に溝があって光ファイバ中心が光導波路に対向するよう光ファイバの先端が溝に固定されていることを特徴とする請求項1に記載の光送受信モジュール。

【請求項3】 プラットフォームの端部に溝があってガイドピンが固定され、ガイドピンを光コネクタの穴に差し込むことによって光コネクタに結合でき、結合状態において光コネクタの光ファイバ端と、プラットフォームの光導波路が対向するようにしたことを特徴とする請求項1に記載の光送受信モジュール。

【請求項4】 光導波路に対し上向き略30度傾斜するようにフィルタを配置したことを特徴とする請求項1～3の何れかに記載の光送受信モジュール。

【請求項5】 送信光( $\lambda_1$ )と受信光( $\lambda_2$ )が異なる波長を持ち、同時に双方向通信でき、フィルタが受信光の波長 $\lambda_2$ を略100%反射し、送信光の波長を略100%透過する波長選択性のフィルタであることを特徴とする請求項1又は4の何れかに記載の光送受信モジュール。

【請求項6】 送信光と受信光が同一波長( $\lambda$ )であり、フィルタが受信光の一部を反射して、送信光の一部を透過するビームスプリッタであることを特徴とする請求項1～請求項4の光送受信モジュール。

【請求項7】 光導波路が石英系の光導波路である事を特徴とする請求項1～請求項6のいずれかに記載の光送受信モジュール。

【請求項8】 光導波路が透光性の高分子材料からなる光導波路であることを特徴とする請求項1～請求項6のいずれかに記載の光送受信モジュール。

【請求項9】 フィルタが透光性の高分子薄膜上に光学的多層膜を形成してなることを特徴とする請求項1～8の何れかに記載の光送受信モジュール。

【請求項10】 フィルタが透光性のガラス基板上に光学的多層膜を形成してなることを特徴とする請求項1～8のいずれかに記載の光送受信モジュール。

【請求項11】 受光素子がSiフォトダイオードであり、発光素子がGaAlAs半導体レーザであることを特徴とする請求項1～10のいずれかに記載の光送受信モジュール。

【請求項12】 受光素子が、InGaAsもしくはI

nGaAsP系フォトダイオードよりなり、発光素子がInGaAsP半導体レーザであることを特徴とする請求項1～10のいずれかに記載の光送受信モジュール。

【請求項13】 ガイドピンのピッチが、MTコネクタまたはミニMTコネクタと嵌合できるものであることを特徴とする請求項3に記載の光送受信モジュール。

【請求項14】 受光素子である受信用フォトダイオードが裏面入射型であることを特徴とする請求項1～13のいずれかに記載の光送受信モジュール。

10 【請求項15】 発光素子が半導体レーザであって、半導体レーザの後方にモニタ用フォトダイオードを設け、半導体レーザとフォトダイオードの間に設けた凹溝の終端に形成された斜面によって反射された光をモニタ用フォトダイオードによって受光するようにしたことを特徴とする請求項1～14のいずれかに記載の光送受信モジュール。

【請求項16】 受光素子である受信用フォトダイオードの近傍に受光素子信号を増幅する増幅器を配置したことを特徴とする請求項1～15のいずれかに記載の光送受信モジュール。

20 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、光ファイバに二つ以上の異なる波長の光信号を一方あるいは双方向に通し、基地局と加入者の間で情報を伝送する双方向通信において、受光素子と発光素子を一体化した光送受信モジュールに関する。特に構造が単純化され製造容易であって信頼性に優れ、かつ安価である光送受信モジュールを提供する事を目的とする。

30 【0002】[光双方向通信の説明]近年、光ファイバの伝送損失が低下し、半導体レーザ(以下LDと略す)や半導体受光素子(以下PDと略す)の特性が向上してきた。このため光を用いた様々な情報の伝達が可能になってきた。光を用いる通信であるので光通信という。光通信の発光素子はLD、LEDなどがあるが以下簡単のためにLDを発光素子とするものを述べる。受光素子はPDやAPDがあるがPDを受光素子とするものを述べる。本発明は発光素子、受光素子についていずれをも含むことができる。伝送されるべき情報の形態としては、電話、ファクシミリ、テレビ画像などがある。特に波長が1.3 $\mu$ m帯の光や、1.55 $\mu$ m帯の光などの長波長の光を用いた通信の試みが盛んに行われている。最近

40 【0003】図1はこのような双方向通信の内、異なる波長の光を用いる波長多重双方向通信の原理図である。一つの局と複数の加入者が光ファイバによって結合される。ここで加入者は一つだけ図示しているが実際には沢

山の加入者が存在する。数多くの分岐点があつて局からの光ファイバは多数の光ファイバに分岐して加入者の装置に至っている。

【0004】局側は、電話やTVの信号をデジタルあるいはアナログ信号として増幅し、この信号によって半導体レーザLD1を駆動する。この信号は波長 $\lambda_1$ の信号となって光ファイバ1に入る。分波器2によって、中間の光ファイバ3に導かれる。これが加入者側の分波器4により光ファイバ5に入り、受光素子PD2によって受信される。これによって光電変換され、電気信号となる。電気信号は、加入者側の装置によって増幅され信号処理されて、電話の音声あるいはテレビ画像として再生される。このように基地局から加入者側に向かう信号を下り信号といい、この方向を下り系と呼ぶ。

【0005】一方加入者側は、電話やファクシミリの信号を半導体レーザLD2によって波長 $\lambda_2$ の光信号に変換する。 $\lambda_2$ の光は、光ファイバ6に入射し、分波器4によって中間の光ファイバ3に導かれ、局側の分波器2を通して受光素子PD1に入る。局側の装置は、 $\lambda_2$ の光信号をPD1によって光電変換し、電気信号とする。この電気信号は、交換機や信号処理回路に送り込まれて適当な処理を受ける。このように局側に信号を送る方向を上り系と呼ぶ。

【0006】以上の説明では、 $\lambda_1$ は下り系、 $\lambda_2$ は上り系のみに使われている。しかし実際には同じ波長の光を、下りと上りの両方に使うことがある。時には二種類の波長の光のいずれをも上りと下りの伝搬をさせることもある。このような場合、波長による二つの種類の光の分離が極めて重要な問題になってくる。

【0007】[光の分波器の説明]このように二つの波長の光を用い、一本の光ファイバによって双方向通信をするためには、局側、加入者側のどちらもが光の波長を識別し光路を分離する機能が必要である。図1における分波器2、4がその機能を果たす。分波器は、波長 $\lambda_1$ と波長 $\lambda_2$ の光を結合して一本の光ファイバに導入したり、二つの波長の光から一方の光のみを選んで一本の光ファイバに取り出したりする作用がある。波長多重双方向通信を行うには、分波器が極めて重要な役割を果たす。

【0008】現在、いくつかの種類の分波器が提案されている。図2～図3によって説明する。図2の例では、分波器は光ファイバまたは光導波路によって作られる。二つの光路8、9が一部分10で近接しており、ここで光エネルギーの交換がなされる。近接部10の間隔Dや距離Lによって様々の結合を実現することができる。ここで光路8に $\lambda_1$ の光を入射すると、光路11に $\lambda_1$ の光が出てくる。光路12に $\lambda_2$ の光を入れると光路9に $\lambda_2$ の光が出てくる。

【0009】図3は、多層膜ミラーを使うものである。二等辺三角形のガラスブロック13、14の斜辺面に誘

電体多層膜ミラー15を形成している。誘電体の屈折率と厚みを適当に組み合わせて、 $\lambda_1$ の光は全て透過し、 $\lambda_2$ の光は全て反射するようにしている。誘電体は45度の角度で入射した光を透過あるいは反射させる機能を有する。この分波器も図1の分波器2、4として利用することができる。このような分波器は分波・合波器とも呼ばれる。WDM (wavelength division multiplexer) ともいう。光ファイバやガラスブロックによる分波器はすでに市販されている。

10 【0010】

【従来の技術】加入者側の光送受信モジュールについて説明する。図4において、局から加入者に向けて敷設された光ファイバ16の終端が光コネクタ17によって、屋内の光ファイバ18に接続される。加入者の屋内にあるONUモジュールには、光ファイバWDM21が設けられる。光ファイバ18と光ファイバ19がWDMの中で波長選択的に結合されている。光ファイバ18に光コネクタ22によって、LDモジュール25をつなぐ。光ファイバ19には光コネクタ23を介してPDモジュール27を接続する。

20

【0011】LD25から光ファイバ24、18を伝送する光信号は上り系である。1.3 $\mu$ m帯光が加入者側の信号を局へと伝送する。光ファイバ19、26からPDモジュール27へ伝わる信号は下り系である。局からの1.55 $\mu$ m信号を受けてPDモジュール27によって光電変換する。送信装置であるLD25は電話やファクシミリの信号を増幅し、変調する回路や、電気信号を光信号に変換する半導体レーザなどを含む。受信装置であるPDモジュール27は、局から送られたTV信号、電話などの光信号を光電変換するフォトダイオードと増幅回路、復調回路などを含む。WDM21は、1.55 $\mu$ m帯光と1.3 $\mu$ m帯光を分離する作用がある。この例では、1.3 $\mu$ mを上り系の信号光に、1.55 $\mu$ mを下り系の信号光として使っている。

【0012】本発明は、二つの異なる波長の光信号を用いて双方向通信する場合における光送受信モジュールの改良に関する。光送受信モジュールというのは、発光素子、受光素子、これらの周辺回路などを含めたものである。これらの要素技術についての従来技術を説明する。

40

【0013】[従来例に係る半導体発光素子の説明(図5)]図5によって従来例に係る半導体発光素子25を説明する。これは半導体レーザチップ(LD)29と、モニタ用のフォトダイオードチップ30を含むモジュールである。半導体レーザチップ29はヘッダ32の隆起部(ボール)31の側面に固定される。チップの面に平行に光を発生するからである。ヘッダ32の底面には、レーザチップの背面発光の入射する位置にフォトダイオードチップ30が固定される。ヘッダ32の下面には適数のリードピン33がある。ヘッダ32の素子取り付け面は、キャップ34によって覆われる。

50

【0014】キャップ34の中央部には窓35が開口している。半導体レーザ29の光はチップから上下方向に出る。窓35の直上にはレンズ37がある。これはレンズホルダー36によって支持される。レンズホルダーのさらに上にはハウジング38があつて、これの上頂部にはフェルール39が固定される。フェルール39は光ファイバ40の先端を保持する。フェルールと光ファイバの端部は斜め(8度)に研磨してある。戻り光が半導体レーザに入るのを防止するためである。半導体レーザの光を光ファイバ40の他端において監視しながらホルダー36をヘッダ32に対して位置決めする。さらにハウジング38をレンズホルダー36に対して位置決めする。半導体レーザチップ29、フォトダイオードチップ30の各電極はワイヤによってリードピン33のいずれかに接続される。

【0015】半導体レーザから出た光はレンズによって絞られ、光ファイバの端部に入射する。半導体レーザは信号によって変調されているから、この光は信号を伝送することになる。半導体レーザの出力は反対側にあるモニタ用のフォトダイオードによってモニタされる。1.  $3\mu\text{m} \sim 1.55\mu\text{m}$ の発振波長は半導体層の材料によって決まる。

【0016】〔従来例に係る半導体受光モジュールの説明(図6)〕図6によって従来の半導体受光モジュールの一例を説明する。受光素子チップ41がヘッダ42の上面にダイボンドされる。ヘッダ42の下面にはリードピン43が設けられる。ヘッダ42の上面はキャップ44によって覆われる。キャップ44の中央には光を通すための開口部45がある。キャップの外側にはさらに円筒形のホルダー46が固定される。これはレンズ47を保持するためのものである。

【0017】レンズホルダー46のさらに上には円錐形のハウジング48が固定される。光ファイバ50の先端をフェルール49によって固定し、フェルール49がハウジング48によって保持される。フェルール49、光ファイバ50の先端は斜め研磨してある。

【0018】受光素子の場合も、光ファイバに光を通し、受光素子チップ41の出力を監視しながら、ホルダー46の位置と、ハウジング48の位置、フェルール49の位置を決める。受光素子の半導体層によって、受光可能な波長が決まる。可視光の場合はSiの受光素子を使う事ができる。しかし本発明では赤外光を用いる送受信モジュールを対象にするからSiフォトダイオードは不適当である。赤外光を受感するためにはよりバンドギャップの狭いInPを基板とし、InGaAsやInGaAsPなどの受光層をもつ化合物半導体の受光素子を用いる必要がある。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】従来技術の問題点について述べる。加入者側は、一般の家庭が最も多い。だか

ら光双方向通信は今普及している電話と同じ数だけの市場の広がりがある筈である。しかし普通のメタル線による電話と同じぐらい安価にしないと一般家庭は購入しないだろう。加入者側機器が安価であるということが普及の条件である。ところが図4の従来例に係る個別のモジュール(LDモジュール、PDモジュール、WDMモジュール)の組み合わせでは安価にできない。これら3つの個別モジュールの価格の合計が全体のモジュールの価格ということになり高価なものになる。

【0020】このような機器の高価格が光加入者系の進展を妨げている。さらなる進展のためには機器を低コストにしなければならない。そこで少しでも部品点数を減らし、コンパクトにし、低コストにするという試みがなされる。光送受信モジュールについていくつかの低コスト化の為の提案がなされている。

【0021】〔A. ビーム空間分離型モジュール(WDM, PD, LD内蔵レセプタクル型)〕小楠正大、富岡多寿子、大島茂「レセプタクル型双方向波長多重光モジュール」1996年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会C-208、P208によって提案されたものである。図7に概略を示す。直方体のハウジング60の内部に斜め45度にWDMフィルタ61を取り付け、3方の壁にドラムレンズ62、63、64を固定している。レンズ62の先にはPD66を取り付けている。レンズ63の先にはLD68を固定している。レンズ64が外部の光ファイバ69との接続端となるレンズである。

【0022】実際にはハウジング60と、光ファイバを固定したレセプタクルは着脱自在になっている。光ファイバ69はハウジングに対して抜き差しできる。だから外部につながる光ファイバ69はハウジング60に着脱可能に固定される。外部からの光ファイバ69がレンズ64、WDM61によってPD66とLD68に結合される。光ファイバから出た光はレセプタクル内で空間を伝搬し広がる。だからレンズ64、62、63によって集光しパワーが広がるのを防いでいる。LDは1.  $3\mu\text{m}$ 光を発する。これはWDM61を斜めに透過してレンズ64を経て光ファイバ69に入り送信光となる。

【0023】光ファイバ69を伝搬して来た受信光は1.  $55\mu\text{m}$ 光でありWDM61で反射されてレンズ62を経てPD66に入射する。WDMフィルタ61が波長選択性を持っている。図4のものよりかなりコンパクトになっている。が、LD、PDは独立の素子を使っており、3つの集光レンズを必要とする。しかもWDM61を必須としている。軸合わせは難しい。寸法は小さくなったがコスト的には図4のものと殆ど変わらない。

【0024】〔B. Y分岐光導波路型モジュール(図8)〕Naoto Uchida, Yasufumi Yamada, Yoshinori Hibino, Yasuhiro Suzuki & Noboru Ishihara, "Low-cost Hybrid WDM Module Consisting of a Spot-size Conver

ter Integrated Laser Diode and a Waveguide Photodiode on a PLC Platform for Access Network Systems",

IEICE TRANS. ELECTRON., VOL. E80-C, NO. 1, p.88, JANUARY 1997によって提案されたものである。図8によってこれを説明する。セラミック基板70の上に石英系の透明な光導波路部分71を設けている。光導波路部分71の一隅は切りかかれた段部72となっている。不純物をドーピングすることによって、光導波路部分71にY分岐した細い導波路73、74、76、77、78を形成している。

【0025】このモジュールには二つのY分岐がある。初めのY分岐の交差点にWDMフィルタ75が埋め込まれている。WDM75は1.55 $\mu$ mを反射し、1.3 $\mu$ mを透過する波長選択作用がある。段部72には電極パターン79、80、81、82が蒸着してある。底部に電極をもつLEDまたはLD83が段部72の電極パターン79、80にボンディングしてある。これは1.3 $\mu$ mを発光する端面発光型のLED又はLD83である。端面の発光点85から光が出る。

【0026】より後方の電極パターン81、82には1.3 $\mu$ mを感受するための端面受光型のPD84がボンディングしてある。これも底面に電極をもつので他にワイヤボンディングする手間は省ける。端面受光型であるからこれ自身新規であって作りにくいものである。使い慣れた市販のPD(上面受光型)では間に合わない。自由空間光88は、1.3 $\mu$ mと1.55 $\mu$ mを含む。これが導波路74に入りWDMフィルタ75に至る。WDM75によって1.55 $\mu$ mは反射され導波路73から自由空間光87となって戻って行く。1.3 $\mu$ mはさらに進行してY分岐の導波路77、78の両方に入る。LEDまたはLD83に至るものは無駄な光である。PD84に入ったものは受信光として検出される。LEDまたはLD83は送信光を発する。これは1.3 $\mu$ mの光であるが導波路78、WDM75、導波路74を通過し、自由空間光になる。集光レンズ(図示せず)によって集光され光ファイバ(図示しない)に入る。

【0027】ここにおいてWDMは1.55 $\mu$ mを排除するためにのみ設けられている。なんといってもこの提案の最大の困難は、平面Y分岐導波路の製造が難しいということである。直線導波路を作るのは簡単であるが、石英導波路部分に彎曲したY分岐導波路を作るのは容易でない。また信号光はいったん自由空間に出るが、レンズによって光ファイバ端に集光させなければならず軸合わせが難しい。レンズなどの部品コストが価額を押し上げる。自由空間にせず導波路73、74に直接に光ファイバ端を接合するという可能性もある。しかしこれとて軸合わせして接着しなければならず作製困難であるという点は変わりない。結局これとて光送受信モジュールを安価に作るという訳には行かない。

【0028】[C. 上方反射WDM型モジュール; 図

9] 宇野智昭、西川透、光田昌弘、東門元二、松井康

「表面実装型LD/PD集積化モジュール」1997年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会、C-3-89p198(1997)に提案されたものである。LDとPDを同一基板上に実装することによって量産化、小型化を狙っている。図9によってこれを説明する。Si基板90を直線状に切り欠いてV溝91を形成する。V溝91に光ファイバ92を挿入固定する。光ファイバの光路の途中で斜めに深い斜め溝93を切り込む。光ファイバ92の一部も切れてしまう。光ファイバ92と切り離された光ファイバ切断片94ができる。斜め溝93にWDMフィルタ95を差し込んで固定する。WDM95の上方にV溝を跨ぐようにしてPD96を取り付ける。一方Si基板90の後方には段部97を切り欠いておき、ここにLDチップ98を固定する。LD98は1.3 $\mu$ m送信光99を発する。これが光ファイバ92、WDM95を通り外部へと伝搬して出て行く。外部からの1.55 $\mu$ m受信光100はWDM95で反射されPD96によって受信される。これは光路を上向きに分岐させている。

【0029】構造は簡単であるように見える。しかし光ファイバを定位置に埋め込み固定し、LDと調芯結合し、しかもPDと位置合わせして感度を十分に取るのは難しい。シングルモードファイバはコア径は10 $\mu$ m、クラッド径は125 $\mu$ mであるからWDMフィルタを挿入するために太いクラッドまで切りとる必要がある。従ってこの広いギャップのために光ファイバ94、92間での損失がふえる。V溝自体が深く広いものになるからWDM95とPD96の距離が長い。光が広がって感度が低下する。さらにLD98からの光がギャップで洩れて光ファイバ92に十分に入らず、損失が増える。

【0030】

【課題を解決するための手段】本発明の光送受信モジュールは、プラットフォーム(基板)と、プラットフォームの中央に直線状に設けられ光を導く光ガイドと、光ガイドの途中に設けられ光ガイドを進行する光の一部を透過し一部を反射するフィルタと、プラットフォーム上に固定されフィルタによって反射された光を感受するフォトダイオード(PD)と、光ガイドの延長上に設けられる送信光を発する発光素子(LD、LED)とを含む。さらに光ファイバとの結合構造に2形態A、Bがある。形態AはプラットフォームにV溝を設け、V溝に光ファイバを固定する。ファイバ端が送受信モジュールに一体化される。ピグテイル型になる。光ファイバからの受信光は光ガイド(光導波路)を進行しフィルタで上方に反射されてPDで検出される。形態Bはプラットフォームに複数のガイドピンを設け、光ファイバ端を保有する光コネクタに嵌合できるようにする。Bの場合、ガイドピンを適当な規格の光コネクタに差し込む事によって光コネクタの光ファイバと、光送受信モジュールの光ガイド

10

20

30

40

50

が軸心を合わせて対向するようにしている。レセプタクル型である。光コネクタの光ファイバを伝搬してきた受信光は光ガイドからフィルタによって上方に反射されPDで検出される。発光素子(LD、LED)で発生した送信光は光導波路に入りフィルタを透過し、光ファイバに入射する。

【0031】直径が $125\mu\text{m}$ もある光ファイバをV溝に沈める図9の構造と違って、光導波路は基板(プラットフォーム)の表面に浅く形成できるから受信光がフィルタで反射されたあと広がらないでPDに入る。受信光の損失が小さい。V溝に光ファイバを固定する場合は、深さ誤差によって光ファイバの高さがばらつき、LDの調芯に手数が掛かる。本発明は高さばらつきのない光導波路を使うので、LDと光導波路の結合は容易になる。光ガイドは、透明な材料の中に一部不純物をドーブして屈折率を上げることによって形成される直線の導波路である。材料の一部に形成されるものであって光ファイバを貼り付けるのではない。だから浅くすることができる。従来のように光ファイバを貼り付ける場合はその半径分以上の深いものになってしまう。光ガイドとしては無機ガラス質の透明材料を使うことができる。透明のプラスチック材料であってもよい。もっとも良いのは石英( $\text{SiO}_2$ )である。石英は屈折率が低い( $n=1.45$ 程度)が、Geなどをドーブして屈折率を局所的にあげる事ができる。直線の導波路であるから図8のようなダブルY分岐のように複雑な工程を不要とする。石英を基板とする場合、全体が石英( $\text{SiO}_2$ )である必要はない。Si基板の表面だけを酸化して $\text{SiO}_2$ にするか、Si基板の上に $\text{SiO}_2$ をスパッタリングすることによって石英導波路を形成することもできる。

【0032】本発明の光送受信モジュールは、 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の異なる波長を送信、受信に使い分けるのが主な用途である。異なる波長の光を使うので同時双方向通信が可能である。その場合光ガイドの途中に設けるフィルタは、一方の波長 $\lambda_1$ の光をほぼ100%反射し、他方の波長 $\lambda_2$ をほぼ100%の比率で透過するものとする。つまりこの場合はWDMフィルタである。しかし、より単純に本発明の光送受信モジュールは単一波長( $\lambda$ )を送受信に使う場合にも使える。その場合、光ガイドの途中に設けるフィルタはその波長の光を一定比率で透過し反射できるものである。

【0033】フィルタは一定波長の光に対して反射透過の比率が決められるので屈折率の異なる誘電体の多層膜によって作製することができる。例えばガラス基板の上に適当な屈折率厚みの誘電体の多層膜を積層したものをフィルタとすることができる。あるいは、透明な高分子材料の上に誘電体多層膜を積層したものであっても良い。

【0034】受光素子としてInP基板、InGaAs受光層或いはInGaAsP受光層のものを使用する事

ができる。その場合、信号光は $1.3\mu\text{m}$ 、 $1.55\mu\text{m}$ 等近赤外光を用いる事ができる。それに対応して半導体レーザはInGaAsP系のものを用いる。

【0035】或いは受光素子として、Si-PDを使うこともできる。その場合は信号光として $0.7\sim 0.8\mu\text{m}$ の可視光を用いることができる。半導体レーザとしてはGaAlAs系のものを使うことができる。表面入射型のPDを勿論使う事もできる。裏面入射型のPDを使う事もできる。またPDの近傍に増幅器を設置し光電流を増幅してからモジュールの外部に取り出すようにすると良い。こうすると微弱な光信号を受信でき外部ノイズの影響を受けにくい。

【0036】まず、ガイドピン着脱型(レセプタクル型)の場合(B)を説明する。これは光コネクタ光ファイバの端面を直接に光導波路に密着させて結合させることを特徴とするものである。レセプタクル型のものになる。ガイドピンが、光コネクタとモジュールの導波路の芯合わせをする。ガイドピンの直径、長さ、間隔などは光コネクタと嵌合できるように決める。例えばMTコネクタ、ミニMTコネクタと嵌合できるようにガイドピンの直径、長さ、間隔などを決める。次に、光ファイバV溝固定の場合(A)を説明する。基板(プラットフォーム)に縦にV溝を切りファイバの端を直接に固定する。ファイバ端を固定するからビグテイル型になる。着脱の度の光コネクタとの調芯は不要になる。

#### 【0037】

【発明の実施の形態】[実施形態 1 ガイドピン(レセプタクル型)型(B)]図10によってガイドピンタイプの本発明の一例にかかる光送受信モジュールを説明する。プラットフォーム110としてここではフォトリソグラフィ技術などが成熟しているSi基板を使う。もちろんSi基板の他に、セラミック板や高分子板、さらに金属板を用いることもできる。Siプラットフォーム110には長手方向に光ガイド(光導波路)114が形成されている。Si自体は不透明であるから $\text{SiO}_2$ の透明層をSi基板の上に形成する。導波路は透明の $\text{SiO}_2$ の一部に屈折率の高い部分を作る事によって形成する。直線の導波路であるから容易に高歩留まりで作製することができる。導波路の作製法は公知であるが、次にあらましを説明する。

【0038】図11に光ガイドの部分断面図を示す。Si基板(プラットフォーム)110の上面を一部酸化し或いは $\text{SiO}_2$ をスパッタリングすることによって、Si基板の上に $\text{SiO}_2$ パッファ層111を形成する。その上にスパッタリング或いはCVD法によりGeを添加した高屈折率 $\text{SiO}_2$ 層112を堆積させる。マスクを使って高屈折率部分の中央部のみのGe-SiO<sub>2</sub>層112を残す。さらに低屈折率の $\text{SiO}_2$ クラッド層113によってこれを覆う。高屈折率 $\text{SiO}_2$ 112が光導波路となる。これが図10の光ガイド114である。光ガイ

ド114は周囲より高屈折率であるから光を導く作用、導波作用がある。表面近くに光ガイドができる。光ガイドの表面からの深さは $5\mu\text{m}\sim 40\mu\text{m}$ 程度とする。光導波路によってプラットフォームのごく表面近くを光が透過するようになる。図8、図4、図2の光導波路のように彎曲したY分岐導波路でない。だから製造容易で歩留まりも高い。

【0039】Siプラットフォーム110は前方が少し高く、後方が少し低くなっている。高い段部に光導波路114が中心線状にある。光ガイド114の先端は基板110の前端面に露呈している。光導波路(光ガイド)114の後端は段部の側面に露出する。光ガイド114の中途のある位置の上方に受信用のPDチップ115が固定されている。そのすぐ後ろに斜めの溝116が刻まれる。斜め溝116にフィルタ117を挿入する。フィルタの垂直に対する傾斜角 $\theta$ は $10^\circ\sim 50^\circ$ の範囲にある。例えば $\theta=30^\circ$ である。フィルタは誘電体多層膜よりなるものである。基板は透明のガラス或いは高分子材料である。基板の上に2種類の適当な屈折率と厚みの誘電体膜を交互に積層することによって反射透過の選択性、あるいは波長選択性を与えるようにしている。光導波路を進行する受信光はフィルタによって反射され上方に向かいPD115に入射する。PDは受信光波長によって適当な材料のものを選ぶ。例えばSiフォトダイオードやInGaAs系のフォトダイオード、或いはInGaAsP系のフォトダイオードを用いる。

【0040】基板110の長手方向に2本のV溝118、119が切削法、金型造形法、エッチング法によって設けてある。基板の材料によって溝や段部の加工法は異なる。セラミック、プラスチック基板の場合は型によって作製できる。金属基板の場合は切削によって形成できる。Si基板の場合はエッチングによって構造を作ることができる。Si異方性エッチングを使う場合について簡単に述べる。(001)面のSi基板にレジストを塗布してマスクし露光してレジストに矩形溝穴を開け異方性のあるエッチング液でエッチングする。すると $(\pm 1 \pm 11)$ 面が生成し、これがV溝となる。V溝の傾斜角は $54.7^\circ$ で、谷の挟角は $70.6^\circ$ となる。V溝118、119の上にガイドピン120、121を固定する。ガイドピンは金属棒、プラスチック棒、或いはセラミック棒などである。固定には接着剤を用いることができる。図12はプラットフォームの縦断面図を示す。V溝118、119に接着剤126、127によってガイドピン120、121が固定されている。ガイドピンの本数、長さ、直径、間隔などは、このモジュールを着脱すべき対象である光コネクタの穴に合わせて決定する。穴が3つ、或いは4つの光コネクタが相手方であれば、ガイドピンも3つ或いは4つにする。

【0041】ガイドピン120、121と、光ガイド114の相対位置関係が重要である。光コネクタの穴にガ

イドピンを差し込んだときに、光コネクタの光ファイバと、光ガイド114が正確に対向するようにしなければならない。ガイドピンと光ガイドは平行である事が望ましい。しかしガイドピンと光ガイドは平行でなくても良い。端面において、光コネクタの光ファイバと光ガイドが合致すれば良いのである。

【0042】前置増幅器(AMP)122がプラットフォーム110の上面に固定される。PD115の信号を増幅するためである。ワイヤによってPDの電極がAMP122の入力端子に接続される。図13はPD115の近傍の拡大断面図である。光導波路114を伝搬する受信光がフィルタ117によって斜め上方に反射されてPD115に入射するためにスペーサ137が必要な事がある。スペーサ137は馬蹄形の治具であり空隙部138を有する。スペーサ137の上にPD115が固定される。フィルタ117は鉛直方向に対して $\theta$ だけ傾斜しているから受信反射光は上向きに $2\theta$ だけ傾いたビームとなる。受信光ビームは導波路から離れ、接着剤139が充填されたスペーサ137の空隙部138に入る。ここでビームが曲がる。曲がり角はスネルの法則に従う。接着剤139の中を進行したビームはPD115の底面に至り、ここで屈折して内部に入る。PD115の内部を進行してPDの受光部140に到達する。図14はスペーサ137の横断平面図である。このようにスペーサによってPDを持ち上げるのはPD115の中央の受光部140にまでビームを曲げる必要があるからである。接着剤139の屈折率はプラットフォームと同じ屈折率とするか、プラットフォームとPD115の屈折率( $n=3.5$ 程度)の中間の値とする。PDと同じ屈折率の接着剤を選ぶこともできる。フィルタ傾斜角、スペーサ高さ、PDの長さの問題は後に図27によって説明する。

【0043】後方の低い面にはメタライズパターン131~136が印刷される。低面には光導波路の後端に当たる部分にLD123が取り付けられる。LDはGaAlAs半導体レーザとすることができる。或いはInGaAsP半導体レーザであってもよい。発光素子としてはLDの他にLEDを用いることもできる。LD123の後方にモニタ用のPD124が取り付けられる。これらはグランドメタライズ面にボンディングされる。メタライズとAMP122、LD123、モニタPD124の電極パッドは、ワイヤによってメタライズ電極と接続される。LD123は送信光を発する。両方に光を発するがモニタPD124は後方へ出た光の強度を監視する。前方に出た光は光導波路114に入り、ここを伝搬する。フィルタ117を直進する。送信光は前端から光コネクタ(図10には現れない)の光ファイバに入る。LD123の駆動電流はリードピンからメタライズを通じてLDに供給される。

【0044】光コネクタからの受信光は、光導波路11



4に入り、フィルタ117で上方に反射される。これがPD115に入って光電変換される。フィルタはLDの送信光は100%透過し、受信光は100%反射するような性質を持つ。同時送受信するから両信号光を分離するのは重要な事である。送信光と受信光は波長が異なるから、これは可能である。フィルタはこの場合は波長選択性を持つWDMとなる。例えば図4に示すように送信光を1.3 $\mu$ mに、受信光を1.55 $\mu$ mにする。その反対でも差し支えないがフィルタの多層膜構造は異なるものになる。

【0045】モニタPDは送信光を発するLDの光量を監視して出力を一定に保つためのものである。LDの後方光がPDの感受領域に入射するようにする必要がある。PDの表面が基板110面と平行な場合は工夫を要する。図15、図16によってPDにモニタ光を導くための構成を説明する。図15はLD123のストライプ領域（発光領域）を下側にしてプラットフォーム110に固定した例である。裏面入射型PD124はその後ろにあり受光部はチップの上面中央にあるとする。凹溝143をLD123とPD124の間に穿ておく。凹溝143は基板材料によって作製法が異なる。Si基板の場合はガイドピンのV溝と同様に、Si(001)結晶の異方性エッチングによって作製できる。その場合凹溝の傾斜は54.7度となる。凹溝143の丁度上にPDの底面が位置するように固定する。PD124の横幅が凹溝143幅より広いのでPD124の固定に支障はない。凹溝143の端面は傾斜面144になる。Siエッチングによって凹溝を作った場合、傾斜面の角度は54.7度となる。LDから前方に出た光は光ガイド（光導波路）114に入る。LD123の後方光は傾斜面144に当たって反射され、PD124の底面に入射し、PD124を通して上方の感受領域145に至る。ここで生成された光電流は電極146から外部に取り出される。このようにLDの光は一端反射させて方向変換してPDに裏面から入射させる。

【0046】図16はLDのストライプを上方に向けたものである。LDの光の高さが変わるからプラットフォームにおけるLDの高さを少し変更する。LDからの前面光は光導波路114にそのまま入射する。背面光は、傾斜面144に当たって反射されPD124に入る。凹溝143、傾斜面144によって後方光を反射させる必要があるのは、PD124が、基板110面と平行に固定されるからである。感受領域がLDのストライプに対向するように基板面に垂直にPDを固定すれば凹溝は不要である。プラットフォーム110に垂直に伸びるポール（図示しない）を立てて、ポールのLDに対向する側面に表面入射型PDを取り付ければ良い。

【0047】本発明のモジュールは同時双方向通信の他に交互双方向通信（交互伝送、ピンポン伝送）にも使うことができる。時刻が異なるからふたつの異なる波長の

光を使う必要がない。送信光も受信光も同じ波長（ $\lambda$ ）の光を使う場合は、異なる時刻に（交互に）送信、受信を繰り返すことになる。例えば1.3 $\mu$ mを送信し、1.3 $\mu$ mを受信するようになる。その場合はフィルタ117はその波長の光をある一定比率で透過し、反射するようにする。たとえば角 $\theta$ で入射の光を、透過：反射＝1：1というように分離するビームスプリッタと同様の作用をフィルタ117に与える。

【0048】図10の素子のメタライズパターンは、リードフレーム（図示しない）の各々のピンとワイヤボンディングによって接続される。その後でケースに收容される。図17、18はプラットフォームをケースに收容した状態を示している。パッケージの種類は任意である。セラミックパッケージでもよい。ここでは安価なプラスチックモールドパッケージの場合を示している。リードフレームに取り付けたプラットフォームを型に入れ、流動状の樹脂を注入し固化する。リードフレームの先端とガイドピンの先端だけがプラスチックケースから突出する。

【0049】こうして作られた送受信モジュール147は、プラスチックパッケージ148によってプラットフォームとリードフレームの一部とガイドピンの一部を被覆保持したものである。モジュール147の前方に2本のガイドピン120、121が突出している。光コネクタの穴に差し込むためのものである。後方の底面には垂直に複数のリードピンが突出している。リードピンは適当な配列を与えられる。ここでは後端に複数本が等間隔に並ぶタイプのものになっている。DIP型でもよい。リードフレームは内部の電極パターンに接続され、LD、PD、モニタPD等に駆動電力、送信信号を与え、或いは受信信号、LDパワー信号などを取り出すための端子である。

【0050】以上の構成においてその作用を述べる。相手方の光コネクタの穴にガイドピンを差し込むと、光コネクタとこのモジュールが合体される。その時、光コネクタの光ファイバが、光ガイド114に丁度対向する。光ファイバを伝搬して来た局からの光は、光ガイド114を進みフィルタ117で反射され、受光素子115に入射してこれによって受信される。

【0051】一方LD123で生じた送信光はフィルタ117を透過し、光ガイド114から光ファイバへと出射してゆく。このように本発明の光送受信モジュールは光ファイバが付いていないので尾を引きずらない。ガイドピンによって光コネクタに差し込むことによって光ファイバと結合するようになっている。

【0052】図19には信号処理ボードに取り付けた本発明の光送受信モジュールに、光コネクタが嵌合した状態を示している。信号処理ボード150は、送信すべき信号を送信に適した形に変換し、受信信号を増幅し再生すべき回路等を含む。信号処理ボード150には本発明

の光送受信モジュール147が半田付けされている。MTコネクタ、或いはミニMTコネクタなどの光コネクタ152には、ガイドピン120、121に対応する位置に穴があり、その中間位置には光ファイバ151の終端部（破線によって示す）が位置している。光コネクタ152の穴にガイドピン120、121を差し込む事によって光ファイバ151が光ガイド114に対向するようになる。局側から1.55 $\mu$ mの光が伝送され、これが光ガイド114に入りフィルタ117で反射され、PD115で検知される。

【0053】LD123の送信光は光ガイド114から光ファイバ151に入って局側へと伝送される。このような本発明の光送受信モジュールは、みずから光ファイバを持たないが、光コネクタに簡単に着脱することができる。図20はやはりこのタイプであるが、プラットフォームのメタライズパターンが少し異なる例を示す。前半分にV溝118、119を穿ちガイドピン120、121を接着する点は同じである。中心方向縦に浅い光導波路114が形成される。光導波路114の途中に斜め溝116がある。ここにWDMフィルタが斜めに挿入される。基板110にはメタライズパターン160~165が印刷などによって形成される。光導波路114の終端にはLDを取り付けるメタライズ164がある。その後ろにはPDを付けるメタライズ161がある。メタライズ160はAMPのためのグランド面となる。凹溝143はLDとPDの間にあってLD背面光をPDに導くものである。図10のものとメタライズ配線が違うだけである。メタライズ配線はその他にも自在に設計できる。

【0054】【実施形態 2（ピグテイル型）（A）】先述のレセプタクル型（B）のものは光コネクタの光ファイバと、光送受信モジュールの光導波路の芯合わせが重要である。ガイドピンによってモジュールと光コネクタを正しく位置合わせするようになっていく。次に述べるのはA型（ピグテイル型）のものである。ピグテイル型のもものはファイバの先端がモジュールに付いているのでモジュールと光コネクタを直接に着脱しない。図21~25によってこのタイプの光送受信モジュールの説明をする。図21はプラットフォームの上の素子チップ、光ファイバの配置を示す。縦長のSi基板（プラットフォーム）166は中間部が幾分高くなっている。その両側は低い。高い中間部には縦方向に光導波路167が設けられる。そのような構造は図10に示したものと同様である。表面にはメタライズパターンが形成されているが、ここでは図示を略している。

【0055】メタライズの上に半導体チップが固定される。中心部を通る光導波路167の上に受信用のPD168が取り付けられる。光導波路167の終端に近接して、低い基板面に送信用のLD169が固定される。LD169の光が光導波路167に入射することができる

ようになっている。LD169の後方にはモニタPD170が固定される。LD169の光量がPD170によってモニタされる。光導波路167を横切るように上向きに傾いたフィルタ171がPD168の直後に設けられる。PD168の側方にAMP172が固定される。PD168の光電流を増幅するためである。プラットフォーム166はリードフレーム（図示しない）の上に置かれて、各々のリードフレームとPD、LDなどの電極パターンとがワイヤによって接続される。プラットフォーム166の前方の段部にはより深いV溝173と浅いV溝174が穿たれている。光ファイバ175の芯線176（クラッド：直径125 $\mu$ m）が浅いV溝174に固定され、被覆部分（直径900 $\mu$ m）は深いV溝173に接着剤によって固定される。透明の樹脂177をLD169とPD170の間に滴下する。LDの背面光をPDに導くため、このあいだには透明接着剤177が必要である。たとえばシリコン系の接着剤を用いる。透明接着剤はフィルタ171、PD168の間の自由空間にも充填する。この例は、安価なプラスチックパッケージを採用する。リードフレームとプラットフォーム166を型に入れて、流動する接着剤178を充填し硬化させる。硬化用接着剤178はプラットフォームとリードフレーム、光ファイバを相互に結合する機能を持ち、しかもパッケージとなっている。図22はモールドした状態の断面図である。硬化用接着剤は例えばエポキシ系の樹脂を採用する。

【0056】光ファイバ175から送信光は光導波路167に入り、フィルタ171で反射されPD168に入る。受信光が光電流に変わり、これがAMP172によって前置増幅される。LD169から出る送信光は光導波路167に入り、直進して光ファイバ175に入射する。このような作用は実施形態1と同様である。図23~図25は実施形態2のパッケージの外形を示している。プラスチックパッケージ178の両側に等間隔にリードピンが突出するDIP型となっている。前端には光ファイバ175の終端部が付いている。この光ファイバの他端は光コネクタにつながる。他の光ファイバとの着脱はその光コネクタにおいて行われる。実施形態1と異なり、光導波路と光ファイバの芯合わせは不要である。だからガイドピンのようなものはない。

【0057】図26は図21~25の素子のプラットフォーム166のメタライズパターンを示す平面図である。光ファイバを固定するためのV溝173、174の構造などは変わらない。中央縦に光導波路167が浅く形成される。フィルタ溝180が斜め上向きに穿たれる。そのすぐ前にPDのためのメタライズ187がある。後背面にはLD用メタライズ186、モニタPD用メタライズ183が形成される。LDやPDの上部電極パッドと接続されるメタライズ181、182、184、185などが対称性良く設けられる。

〔フィルタ反射光がPDに裏面入射する時の光路〕図9に従来例と本発明の違いを明らかにする。図9も受信光をフィルタで上向きに反射し、PDに裏面入射している。その点で共通する。図9の従来例は125μmもの直径のある光ファイバをV溝に埋め込んでいる。そのためにV溝は幅広く深いものにならざるを得ない。V溝の底角を2φとする。シリコン異方性エッチングで(001)基板に(±1±11)の溝を形成する場合は2φ=70.6度である。光ファイバ(クラッド)の半径をrとする(例えば2r=125μm)。光ファイバの上面と基板面の差(埋め込み深さ)をfとする。するとV溝の深さgは

$$[0058] \quad g = r(1 + \operatorname{cosec} \phi) + f \quad (1)$$

[0059] であり、V溝の広さwは

$$[0060] \quad w = 2r(\tan \phi + \sec \phi) + 2f \tan \phi \quad (2)$$

[0061] である。表面から光路までの深さeは

$$[0062] \quad e = r + f \quad (3)$$

[0063] である。例えばφ=35度、r=62.5μm、f=60μmとすると、g=170μm、w=320μm、e=122.5μmとなる。PDは溝にまたがっているからw以上の幅が必要である。接合代が必要だからPDのサイズを大きくしなければならない。PDの取り付けが難しい。それ以外にも問題がある。フィルタからPDまでの光路が長いので、反射された受信光が広がってしまいPDの受光領域に到達する光量が減るということである。

[0064] 図27は受信光がフィルタで反射され、空間に抜けてPD裏面に到達してPDの受光領域へと向かう経路を表している。光導波路の屈折率をn<sub>2</sub>、空間の屈折率をn<sub>1</sub>、PDの屈折率をn<sub>0</sub>とする。空間とはい

うがスペーサによって空間が形成され、ここには透明接着剤が充填される。その屈折率は導波路と等しいか、PDに等しいか、両者の中間かに設定される。

$$K = (d, d \cot 2\theta) \quad (5)$$

$$L = (d+h, d \cot 2\theta + h \cot \Phi) \quad (6)$$

$$M = (d+h+m, d \cot 2\theta + h \cot \Phi + m \cot \Theta) \quad (7)$$

[0071] である。G点は

$$[0072] \quad G = (d+h, -(d+h) \tan \theta) \quad (8)$$

[0073] である。PDチップ168の長さをkとす※

$$U = (d+h, d \cot 2\theta + h \cot \Phi + m \cot \Theta - (k/2)) \quad (9)$$

★ [0076]

[0075] である。G、Uのy座標を比較して、

$$UG = d \cot 2\theta + h \cot \Phi + m \cot \Theta - (k/2) + (d+h) \tan \theta > 0 \quad (10)$$

[0077] であれば、フィルタの幅が広くてもPDチップにあたらぬ。UGが正であるという条件はスペー

$$(k/2) - m \cot \Theta - d(\cot 2\theta + \tan \theta) < h(\cot \Phi + \tan \theta) \quad (11)$$

[0079] フィルタで反射されてからPDに入射する

\* [0065] 表面に平行な光導波路をy軸とし、表面に垂直な方向をx軸とする。原点Oはフィルタ171と光導波路の交点にとる。yの正の方向は送信光の方向とする。受信光JOはyの負の方向に伝搬してフィルタで斜め反射される。これがK点から空間(スペーサの凹部の空間: 接着剤)へ出てL点からPDの裏面に入る。光導波路とプラットフォームの表面の距離をd、表面からPD底面までの距離をh、PDの高さをm、PDの長さをkとする。フィルタ171の鉛直線(x軸)との傾斜角をθとする。

[0066] PDの底面TUの延長と、フィルタ171の延長との交点をGとする。PD168の上面をVQとする。このPDは裏面入射型で上面VQの中央部に受光領域Mがある。受光領域の上に電極があるが、図27では略している。フィルタ171が幅の広いものであれば、PD168とフィルタが接触する恐れがある。だからGUの長さを正にするように設計する必要がある。しかし、たとえGUが負であってもフィルタの幅を狭くして、スペーサ高さhより低くすれば衝突の問題は回避できる。

[0067] 受信光JOはx=0によって表現することができる。原点でフィルタによって反射された光OKはx軸と2θの角度をなす。K点は(d, d cot 2θ)である。K点で屈折した光は面とΦの角度をなす光線になる。L点でPDに入射した光と底面とのなす角度をΘとする。ベクトルKL, LMは、それぞれKL(h, h cot Φ) LM(m, m cot Θ)である。角度θ、Φ、Θの間にはスネルの法則

$$[0068] \quad n_2 \cos 2\theta = n_1 \cos \Phi = n_0 \cos \Theta \quad (4)$$

[0069] が成り立つ。n<sub>0</sub>、n<sub>1</sub>、n<sub>2</sub>、θが決まっているから、Φ、Θは確定する。K、L、M点の座標は、それぞれ

$$[0070] \quad$$

※るが、ビームの最終的な到達点Mがチップ上面の midpoint であるとする。これが最もよいPDへの入射条件である。

するとU点の座標は

$$[0074] \quad$$

★ [0076]

☆サ137の高さhの下限を与える。

$$[0078] \quad$$

までの光路長Eは

$$[0079] \quad$$

【0080】

$$E = n_2 d \cos \theta + n_1 h \cos \phi + n_0 m \cos \theta \quad (12)$$

【0081】である。本発明においても図9の素子においても、傾斜 $\theta$ 、屈折率 $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_0$ 、チップ厚さ $m$ 、チップ長さ $k$ が共通だとすると、異なるのはスペーサ高さ $h$ と、光経路の深さ $d$ だけである。本発明の場合光導波路であるから $d = 5 \mu\text{m} \sim 40 \mu\text{m}$ 程度（特に $5 \mu\text{m} \sim 20 \mu\text{m}$ 程度）にできる。ところが図9のものは $d = 120 \mu\text{m}$ 以上になる。だからEの第1項に大きな差が現れる。図9のものは光路長Eが長すぎるので受信光が広がるためにPDの受光領域に入る光量が少ない。本発明はEの第1項が小さいからビームが広がらず、受光領域に入る光量が多くて感度が高くなる。

【0082】

【発明の効果】（1） 本発明の光送受信モジュールは構造が単純である。図2、図3のWDMモジュール、図5のLDモジュール、図6のPDモジュールなど個々の素子を光ファイバによって結び付けた図4のような従来例に係るモジュールは構造が複雑で大型であり重くかさばる。図7のモジュールはPDとLDが一体化されているが、光導波路でなくて空間を伝搬させるから大きい容積を必要とする。空間伝搬により光が広がるからレンズが必要である。

【0083】それらに比較すると本発明の卓越性が容易に理解できよう。本発明のモジュールは、1枚の基板の上にWDM、PD、LDを纏めて表面実装してある。実施形態1、2の何れも、1枚のプラットフォームに全ての必要な素子（LD、PD、WDM、AMP）が取り付けられている。構造が著しく単純化されている。図4のようにPD、LD、WDMを光ファイバや光コネクタで結合する必要がない。構造が単純で余分なケースやパッケージの占める割合が小さい。だから小型軽量になる。素子が直接に近接して設けられるから信頼性も高い。軽量小型というだけでなく安価になる。一般家庭に光通信を広く普及させる原動力になりうる。

【0084】（2） PDに接近してAMPを設ける事ができるので外部ノイズを抑制することができる。

【0085】（3） 基板表面に直線の光導波路を設けて、送信光と受信光の両方を同じ光導波路に通している。図8のものも光導波路を基板に設けているが曲線の光導波路であり作製が難しい。本発明は直線の光導波路だけでよいから製作容易で歩留まりも高い。PLC技術においては、WDM機能や、Y分岐機能などを光導波路に持たせてできるだけ高機能化しようというのが現在の趨勢である。本発明はそのような道を取らない。むしろ単純で直線の導波路を基板（プラットフォーム）上に1本作るだけである。

【0086】（4） 浅い光導波路を伝搬する受信光を上向きフィルタによって上向きに反射させてPDに入射

させる。反射されてからPDまでの光路が短くてビームが広がらないので損失が小さい。図9の従来例もWDMフィルタを光ファイバ光路へ斜め上向きにいれ、受信光を上向きに反射させてPDに入射させている。図9のものと本発明は上向きフィルタという点で似ている。しかし実は大きく異なる。図9のモジュールは $125 \mu\text{m} \phi$ の太いファイバを基板表面に埋め込み、光ファイバを切断して斜めにフィルタを入れる。フィルタは大きくならざるを得ない。フィルタからPDまでの光路は長い。光路が長いのに集光レンズなどを入れる事ができないから光が広がる。だから損失が増える。本発明の場合は光導波路は浅いのでフィルタ反射からPD入射までの光路長が短い。光が広がらないから損失が小さくなる。これは重要な利点である。

【0087】図9の従来例では、光ファイバをV溝に完全に埋め込まなくてはならない。深い溝を切って光ファイバを接着剤で固定しなければならない。 $125 \mu\text{m} \phi$ のファイバを完全に表面下に埋め込むためには表面でのV溝の幅は $250 \mu\text{m} \sim 300 \mu\text{m}$ となる。V溝の深さもその程度に深いのでフィルタ溝を深く刻み、幅の広いフィルタを挿入しなければならない。PDはV溝を跨ぐように固定されるが、V溝が広過ぎて、PDチップの半田付け面積が狭くなったり、逆にPDチップを大きくしないといけないなどの不都合が生ずる。例えばV溝の幅が $300 \mu\text{m}$ だとすると、 $400 \mu\text{m}$ 平方のPDでも接合代は両側で $50 \mu\text{m}$ ずつしかとれない。これでは安心できない。 $600 \mu\text{m}$ 四方の大きいPDを使うと接合代を $150 \mu\text{m}$ にする事ができる。がこれはPDがあまりに大きくなりすぎる。それだけでなくフィルタで反射されてからPDに入るまでに受信光が広がってしまい僅かな光しかPDに入射しないという難点がある。

【0088】本発明は浅い光導波路を基板に形成する。溝はないからPDの接合は容易である。大型PDは不要である。光ガイド層からプラットフォーム表面までは $5 \mu\text{m} \sim 40 \mu\text{m}$ 程度である。フィルタで反射されてからPDにいたる光路は短い。ビームが広がる余地のない短い空間でPDと光結合できる。結合効率が高い。

（5） また光ファイバを溝に固定してから加工するという様な手間がない。フィルタ溝も幅の狭いものでよい。光ガイドが浅いので基板に斜めに浅い切り込みを入れるだけで済む。フィルタは幅の狭いもので足りる。

【図面の簡単な説明】

【図1】波長多重双方向通信を示す概略図。

【図2】光導波路又は光ファイバを用いた光カップラまたはWDMフィルタの概略図。

【図3】四角柱ガラスブロックの対角線上の面に誘電体多層膜を積層した光カップラあるいはWDMの概略図。

【図4】従来例に係る加入者側の光送受信モジュールの構成例図。

【図5】従来の半導体発光素子（LDモジュール）の例を示す断面図。

【図6】従来の半導体受光素子（PDモジュール）の例を示す断面図。

【図7】従来例にかかるレセプタクル型波長多重光送受信モジュールの概略構成図。

【図8】従来例にかかるY光導波路型光送受信モジュールの概略斜視図。

【図9】従来例にかかる上向きWDMを持つ光送受信モジュールの概略断面図。

【図10】本発明の実施形態1にかかりガイドピンによって光コネクタに着脱するタイプの光送受信モジュールのプラットフォームの斜視図。

【図11】本発明においてプラットフォームの上に作製する光ガイド（光導波路）の断面図。

【図12】本発明の実施形態1にかかる光送受信モジュールのプラットフォームのガイドピンを横切る縦断面図。

【図13】本発明の実施形態1に係る光送受信モジュールのプラットフォームの受信用PDとフィルタの部分の一部拡大縦断面図。

【図14】本発明の実施形態1に係る光送受信モジュールのプラットフォームのPDのスペーサとフィルタの部分横断して示す一部横断平面図。

【図15】本発明の実施形態1に係る光送受信モジュールにおいて、発光部（ストライプ）を下にしてプラットフォームに固定したLDとその光量を監視するモニタPDの部分の断面図。

【図16】本発明の実施形態1に係る光送受信モジュールにおいて、発光部（ストライプ）を上にしてプラットフォームに固定したLDとその光量を監視するモニタPDの部分の断面図。

【図17】本発明の実施形態1に係る光送受信モジュールをパッケージに收容した完成品の平面図。

【図18】本発明の実施形態1に係る光送受信モジュールをパッケージに收容した完成品の正面図。

【図19】本発明の実施形態1にかかる光送受信モジュールを基板に実装し、MTコネクタを光送受信モジュールに連結した状態を示す平面図。

【図20】本発明の実施形態1であって他のメタライズパターンを持つ光送受信モジュールのプラットフォームの平面図。

【図21】本発明の実施形態2に係る光送受信モジュールのプラットフォームの素子配置を示す平面図。

【図22】本発明の実施形態2に係る光送受信モジュールのプラットフォームをプラスチックモールドした状態の縦断面図。

【図23】本発明の実施形態2に係る光送受信モジュール

ルをパッケージに收容した完成品の平面図。

【図24】本発明の実施形態2に係る光送受信モジュールをパッケージに收容した完成品の正面図。

【図25】本発明の実施形態2に係る光送受信モジュールをパッケージに收容した完成品の左側面図。

【図26】本発明の実施形態2にかかる光送受信モジュールの他のメタライズパターンをもつプラットフォーム平面図。

【図27】フィルタによって斜め上方に反射された受信光がスペーサ空間を経てPD裏面に入りPD表面の感受領域に至る経路を説明する線図。

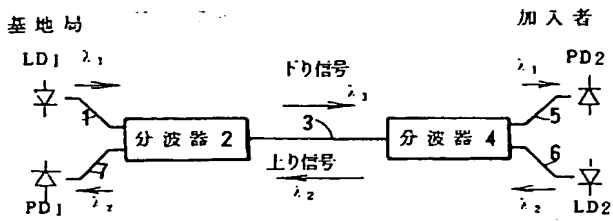
【符号の説明】

- 1 光ファイバ
- 2 分波器
- 3 光ファイバ
- 4 分波器
- 5 光ファイバ
- 6 光ファイバ
- 7 光ファイバ
- 8 光路
- 9 光路
- 10 近接部
- 11 光路
- 12 光路
- 13 ガラスブロック
- 14 ガラスブロック
- 15 誘電体多層膜
- 16 光ファイバ
- 17 光コネクタ
- 18 光ファイバ
- 19 光ファイバ
- 20 近接部
- 21 WDM
- 22 光コネクタ
- 23 光コネクタ
- 24 光ファイバ
- 25 LDモジュール
- 26 光ファイバ
- 27 PDモジュール
- 29 LDチップ
- 30 PD
- 31 ボール
- 32 ヘッド
- 33 ピン
- 34 キャップ
- 35 窓
- 36 レンズホルダー
- 37 集光レンズ
- 38 ハウジング（フェルールホルダ）
- 39 フェルール

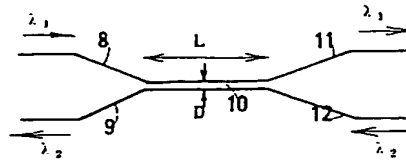
40 光ファイバ  
 41 フォトダイオード (PD) チップ  
 42 ヘッダ  
 43 ピン  
 44 キャップ  
 45 窓  
 46 レンズホルダー  
 47 集光レンズ  
 48 ハウジング (フェルールホルダー)  
 49 フェルール  
 50 光ファイバ  
 60 ハウジング  
 61 WDMフィルタ  
 62~64 ドラムレンズ  
 66 PD  
 68 LD  
 69 ファイバ  
 70 基板  
 71 光導波路部分  
 72 段部  
 73、74 導波路  
 75 WDMフィルタ  
 76~78 導波路  
 79~82 電極パターン  
 83 LEDまたはLD  
 84 PD  
 85 発光点  
 86 入射点  
 87 自由空間光  
 88 自由空間光  
 90 Si基板  
 91 V溝  
 92 光ファイバ  
 93 斜め溝  
 94 光ファイバ切断部  
 95 WDMフィルタ  
 96 PD  
 97 段部  
 98 LD  
 99 送信光  
 100 受信光  
 101 反射受信光  
 110 プラットフォーム (Si基板)  
 111 SiO<sub>2</sub>バッファ層  
 112 Geドープ高屈折率SiO<sub>2</sub>層  
 113 SiO<sub>2</sub>クラッド層  
 114 光ガイド (光導波路: Geドープ高屈折率Si

O<sub>2</sub>層の残留部分)  
 115 受信用PD  
 116 斜め溝  
 117 フィルタ  
 118 V溝  
 119 V溝  
 120 ガイドピン  
 121 ガイドピン  
 122 AMP (前置増幅器)  
 10 123 LD  
 124 モニタPD  
 126 接着剤  
 127 接着剤  
 131~136 電極  
 137 スペーサ  
 138 空隙  
 139 透明接着剤  
 140 感受領域  
 142 凹溝  
 20 143 凹溝  
 144 傾斜面  
 145 感受領域  
 146 電極  
 147 光送受信モジュール  
 148 モールド樹脂  
 149 リードピン  
 150 プリント基板  
 151 ファイバ  
 152 光コネクタ  
 30 160~165 メタライズパターン  
 166 プラットフォーム (Si基板)  
 167 光導波路  
 168 PD  
 169 LD  
 170 PD (モニタ用)  
 171 フィルタ  
 172 AMP  
 173 V溝  
 174 V溝  
 40 175 光ファイバ  
 176 芯線  
 177 透明樹脂  
 178 モールド樹脂  
 179 リードピン  
 180 フィルタ溝  
 181~187 メタライズ

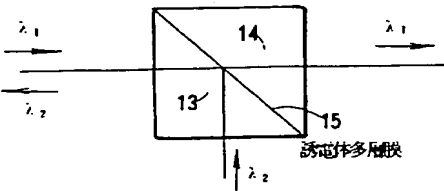
【図1】



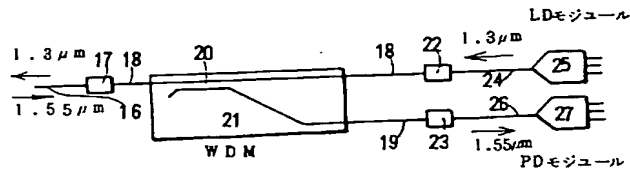
【図2】



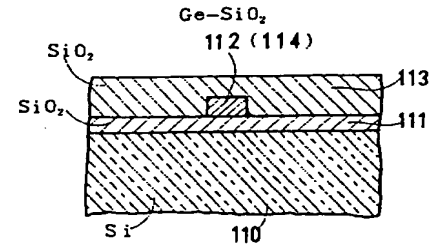
【図3】



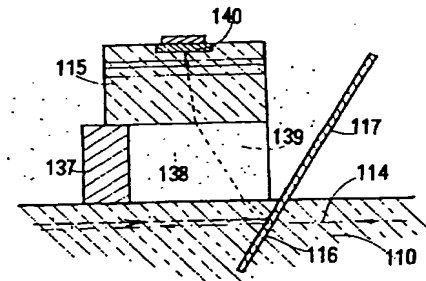
【図4】



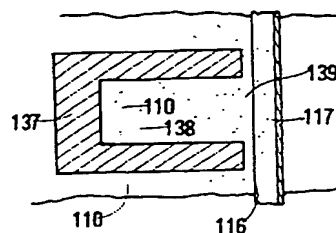
【図11】



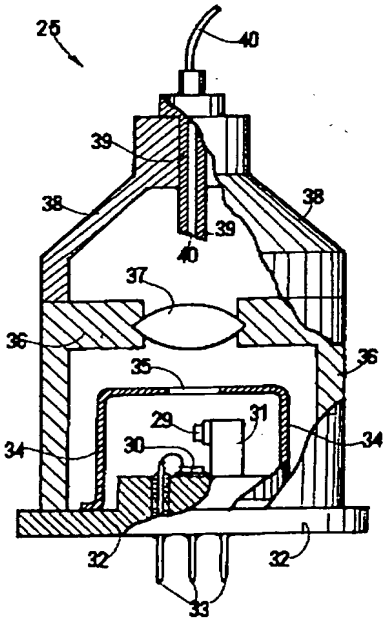
【図13】



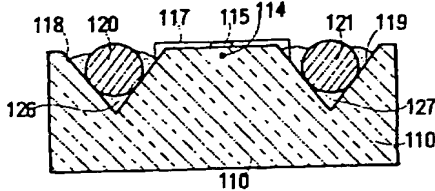
【図14】



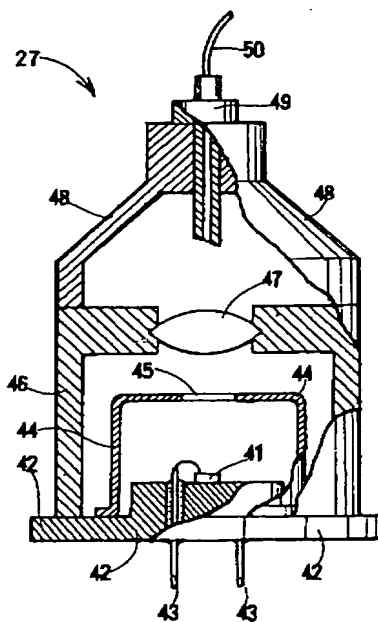
従来の半導体発光素子  
LDモジュール



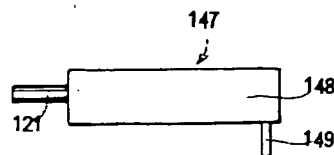
【図12】



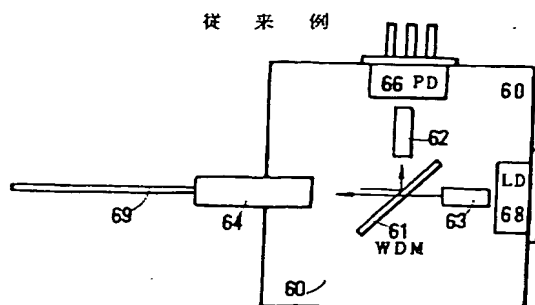
従来の半導体受光素子  
PDモジュール



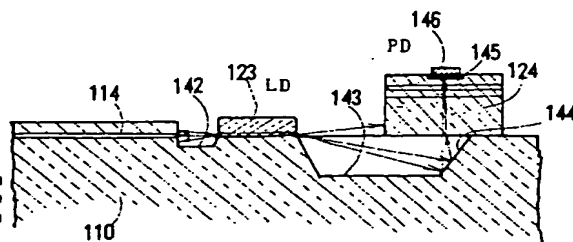
【図18】



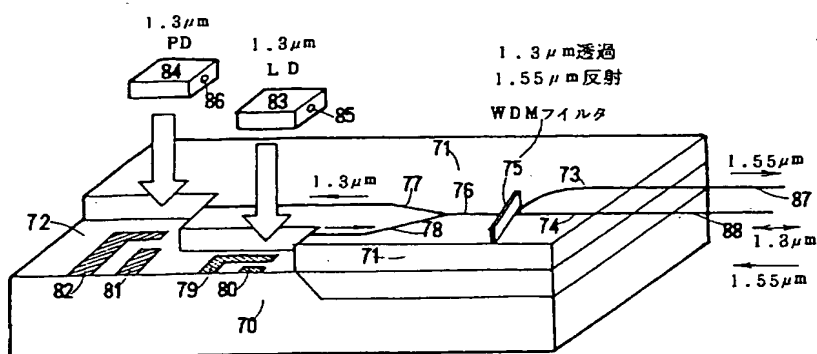
【図7】



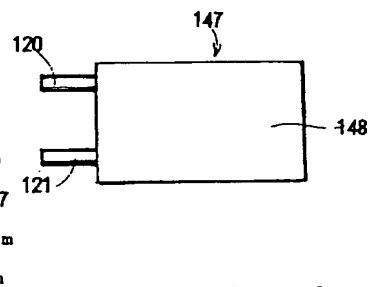
【図 15】



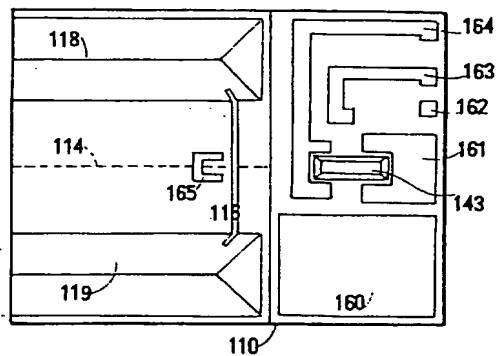
【図8】



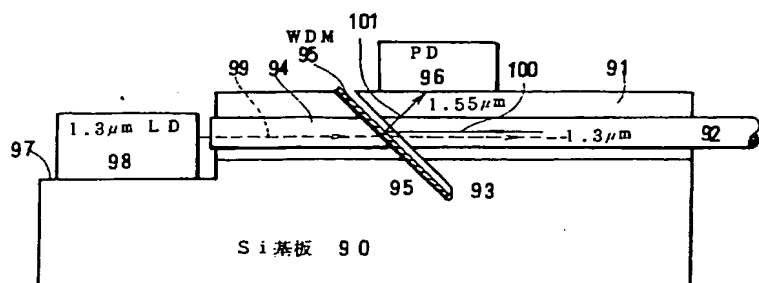
【图 17】



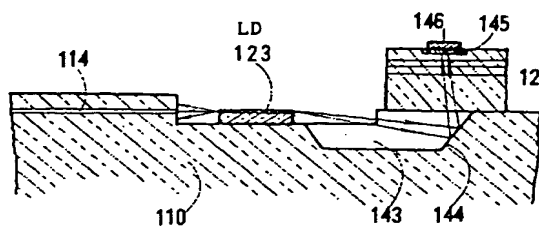
【図20】



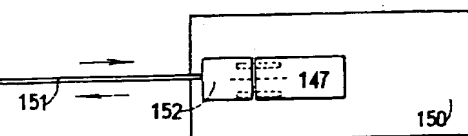
【图9】



【図 16】

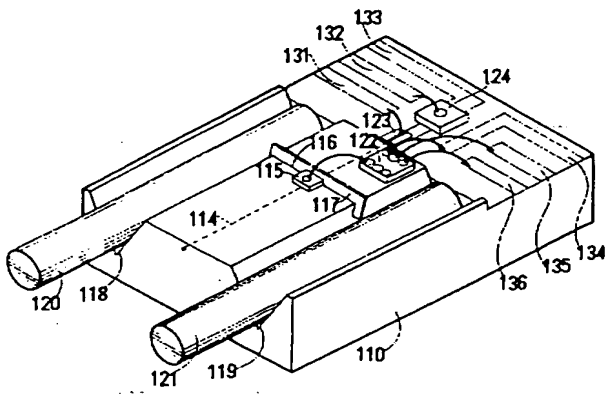


【図 19】

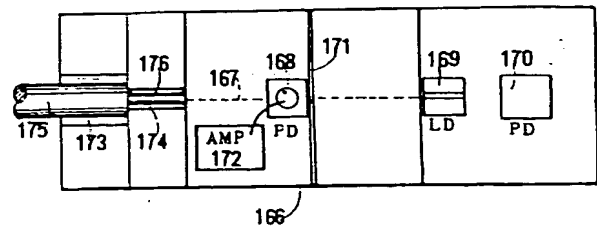




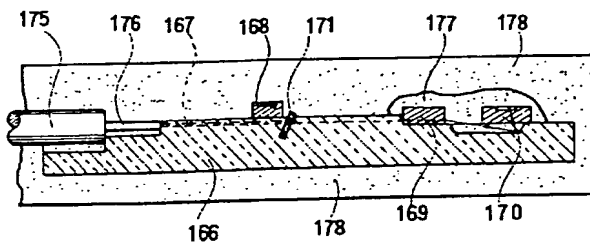
【図10】



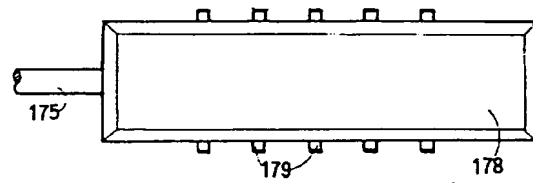
【図21】



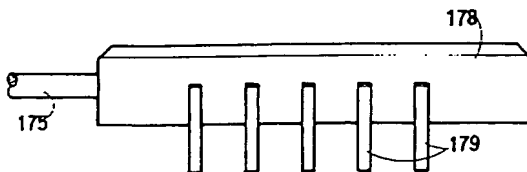
【図22】



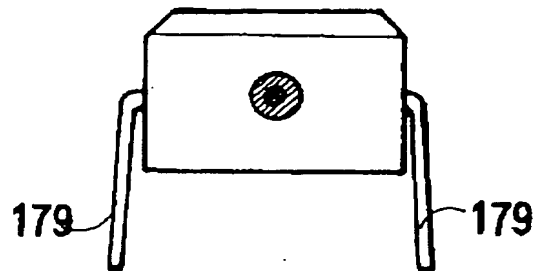
【図23】



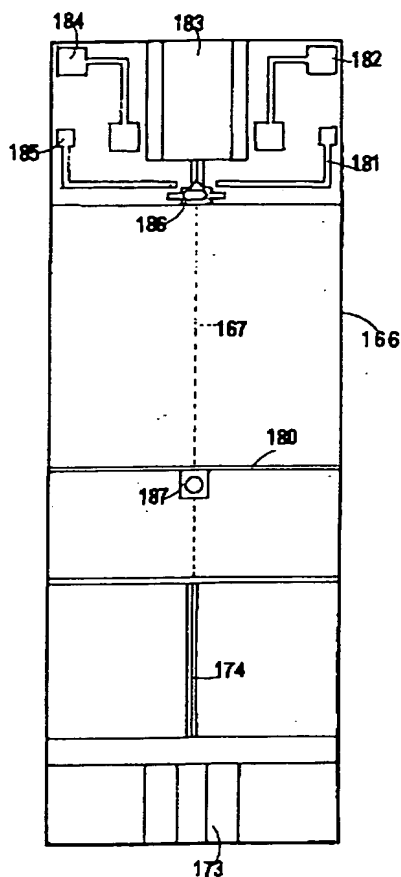
【図24】



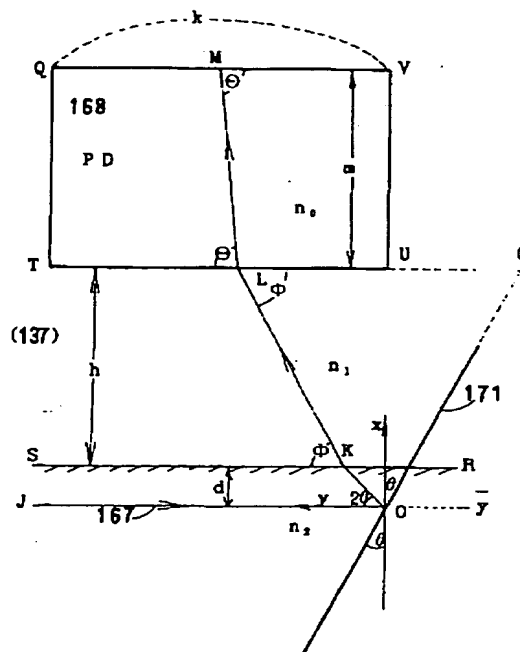
【図25】



【図 26】



【図 27】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

H O 4 B 10/02

識別記号

FI

H O 4 B 9/00

テーマコート\* (参考)

U

(72)発明者 工原 美樹

大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号住  
友電気工業株式会社大阪製作所内

Fターム(参考) 2H037 AA01 BA02 BA11 CA39 DA03

DA04 DA11 DA12

2H038 AA22 BA25 CA45 CA74

2H047 KA04 LA18 MA05 MA07 PA04

PA05 PA21 PA24 QA04 RA00

TA05 TA23 TA31 TA43

2H048 GA01 GA04 GA12 GA24 GA26  
GA62

5K002 AA05 AA07 BA02 BA07 BA13

BA14 BA21 BA31 DA02 DA04

FA01